

PAT-NO: JP02000276720A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000276720 A

TITLE: DUAL STRIPE SPIN VALVE SENSOR WITHOUT ANTIFERROMAGNETIC
PINNING LAYER

PUBN-DATE: October 6, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
MARCOS, LEDERMAN	N/A
MATTHEW, R GIBBONS	N/A

INT-CL (IPC): G11B005/39

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To dispense with the necessity of an antiferromagnetic(AFM) layer in a sensor, to make realizable doubling of read signals and an operation in a differential mode showing high symmetry, and to make achievable a high reading performance.

SOLUTION: The read sensor is provided with a first and second soft ferromagnetic(FM) layers 58, 60 which are separated from each other by a first spacer layer 62, and a third and fourth soft FM layers 64, 66 which are separated from each other by a second spacer layer 68. The first spacer layer 62 is formed so as to pass a first bias electric current for forming a first magnetic field of a sufficient strength for the purpose of saturating the first soft FM layer 58, while the second spacer layer 68 is formed so as to pass a second bias electric current for forming a second magnetic field of a sufficient strength for the purpose of saturating the fourth soft FM layer 66. An insulation layer INS is arranged between the second and the third soft FM layers 60, 64. As a result, the first and the second bias currents pin the magnetization of the first and the fourth soft FM layers 58, 66. The first and the second bias currents possess a negligible compound action against magnetization in a substantial part of the second and the third soft FM layers 60, 64.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

----- KWIC -----

Abstract Text - FPAR (2):

SOLUTION: The read sensor is provided with a first and second soft ferromagnetic(FM) layers 58, 60 which are separated from each other by a first spacer layer 62, and a third and fourth soft FM layers 64, 66 which are separated from each other by a second spacer layer 68. The first spacer layer 62 is formed so as to pass a first bias electric current for forming a first magnetic field of a sufficient strength for the purpose of saturating the first soft FM layer 58, while the second spacer layer 68 is formed so as to pass a second bias electric current for forming a second magnetic field of a sufficient strength for the purpose of saturating the fourth soft FM layer 66. An insulation layer INS is arranged between the second and the third soft FM layers 60, 64. As a result, the first and the second bias currents pin the

magnetization of the first and the fourth soft FM layers 58, 66. The first and the second bias currents possess a negligible compound action against magnetization in a substantial part of the second and the third soft FM layers 60, 64.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-276720

(P2000-276720A)

(43) 公開日 平成12年10月6日 (2000.10.6)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード* (参考)

G 1 1 B 5/39

G 1 1 B 5/39

審査請求 未請求 請求項の数30 O L 外国語出願 (全 55 頁)

(21) 出願番号 特願2000-32395(P2000-32395)

(22) 出願日 平成12年2月9日 (2000.2.9)

(31) 優先権主張番号 09/247882

(32) 優先日 平成11年2月10日 (1999.2.10)

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 592060422

リード・ライト コーポレーション

READ-RITE CORPORATI
ON

アメリカ合衆国 カリフォルニア州

95035 ミルピタス ロスコージェスト
リート 345

(72) 発明者 マルコス・レダーマン

アメリカ合衆国 カリフォルニア州94017

サン・フランシスコ, クラレンス・ブレ
イス #1, 1

(74) 代理人 100096817

弁理士 五十嵐 孝雄 (外3名)

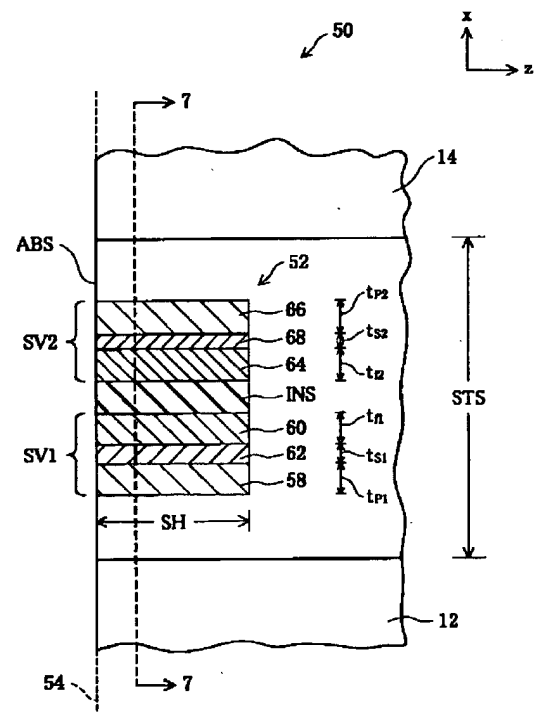
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 反強磁性ピン止め層を有さないデュアル・ストライプ・スピン・バルブ・センサ

(57) 【要約】

【課題】 センサ内の反強磁性 (AFM) 層の必要性をなし、読取り信号の倍増と、高い対称性を示すディファレンシャル・モードでの動作とを実現し、高い読取りパフォーマンスを達成する。

【解決手段】 読取りセンサは、第1スペーサ層によって互いに分離された第1及び第2ソフト強磁性 (FM) 層と、第2スペーサ層によって互いに分離された第3及び第4ソフトFM層と、を有する。第1スペーサ層は第1ソフトFM層を飽和するために、十分な強さを有する第1磁界を形成する第1バイアス電流を通すよう形成され、第2スペーサ層は第4ソフトFM層を飽和するために、十分な強さを有する第2磁界を形成する第2バイアス電流を通すよう形成されている。絶縁層が第2及び第3ソフトFM層の間に配置されている。これによって、第1及び第2バイアス電流は第1及び第4ソフトFM層の磁化をピン止めする。第1及び第2バイアス電流は第2及び第3ソフト強磁性層のかなりの部分の磁化に対する無視可能な複合作用を有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 デュアル・ストライプ電流ピン止め型スピ
ン・バルブ磁気抵抗読取りセンサであって、

第1ソフト強磁性層と、

第2ソフト強磁性層と、

前記第1ソフト強磁性層と第2ソフト強磁性層との間に
配置され、前記第1ソフト強磁性層及び第2ソフト強磁
性層をそれぞれ分離する導電材料からなる第1スペー
サ層と、

前記第1スペーサ層へ電氣的に接続されるとともに、前
記第1ソフト強磁性層をピン止めするために、前記第1
スペーサ層を介して第1バイアス電流を通すよう構成さ
れた導電材料からなる第1リード・セットと、

第3ソフト強磁性層と、

第4ソフト強磁性層と、

前記第3ソフト強磁性層と第4ソフト強磁性層との間に
配置され、前記第3ソフト強磁性層及び第4ソフト強磁
性層をそれぞれ分離する導電材料からなる第2スペー
サ層と、

前記第2スペーサ層へ電氣的に接続されるとともに、前
記第4ソフト強磁性層をピン止めするために、第2バイ
アス電流を受けるよう構成された導電材料からなる第2
リード・セットと、

前記第2ソフト強磁性層と第3ソフト強磁性層との間に
配置され、電気絶縁材料からなる絶縁層と、
を備え、

前記第1バイアス電流及び第2バイアス電流が前記第1
ソフト強磁性層及び第4ソフト強磁性層をそれぞれピン
止めする際、前記第1バイアス電流及び第2バイアス電
流が前記第2ソフト強磁性層及び第3ソフト強磁性層の
かなりの部分の磁化に対する無視可能な複合作用を有す
るように、前記第1ソフト強磁性層、第2ソフト強磁性
層、第3ソフト強磁性層及び第4ソフト強磁性層はそれ
ぞれ構成されているデュアル・ストライプ電流ピン止め
型スピ
ン・バルブ読取りセンサ。

【請求項2】 請求項1に記載のデュアル・ストライプ
電流ピン止め型スピ
ン・バルブ磁気抵抗読取りセンサに
おいて、

前記第1ソフト強磁性層は第1M_{rt}を有し、前記第2
ソフト強磁性層は前記第1M_{rt}より大きい第2M_{rt}
を有し、前記第3ソフト強磁性層は第3M_{rt}を有し、
前記第4ソフト強磁性層は前記第3M_{rt}より小さい第
4M_{rt}を有するデュアル・ストライプ電流ピン止め型
スピ
ン・バルブ磁気抵抗読取りセンサ。

【請求項3】 請求項2に記載のデュアル・ストライプ
電流ピン止め型スピ
ン・バルブ磁気抵抗読取りセンサに
おいて、

前記第1バイアス電流がない場合、前記第1ソフト強磁
性層はピン止めされていない磁化を有し、前記第2バイ
アス電流がない場合、前記第4ソフト強磁性層はピン止

めされていない磁化を有するデュアル・ストライプ電流
ピン止め型スピ
ン・バルブ磁気抵抗読取りセンサ。

【請求項4】 請求項2に記載のデュアル・ストライプ
電流ピン止め型スピ
ン・バルブ磁気抵抗読取りセンサに
おいて、

前記第1ソフト強磁性層を飽和するために、前記第1M_{rt}
に対する十分な強さを持つ第1磁界を形成し得る前
記第1バイアス電流を提供すべく、前記第1スペーサ層
へ接続された第1電流源と、

前記第4ソフト強磁性層を飽和するために、前記第4M_{rt}
に対する十分な強さを持つ第2磁界を形成し得る前
記第2バイアス電流を提供すべく、前記第2スペーサ層
へ接続された第2電流源と、

を更に備えるデュアル・ストライプ電流ピン止め型スピ
ン・バルブ磁気抵抗読取りセンサ。

【請求項5】 請求項4に記載のデュアル・ストライプ
電流ピン止め型スピ
ン・バルブ磁気抵抗読取りセンサに
おいて、

前記第2ソフト強磁性層へ接続された第1電圧センサ
と、

前記第3ソフト強磁性層へ接続された第2電圧センサ
と、

前記第1電圧センサ及び第2電圧センサへ接続され、前
記第1電圧センサの出力と前記第2電圧センサの出力と
の差を出力するよう構成された信号マニピュレータと、
を更に備えるデュアル・ストライプ電流ピン止め型スピ
ン・バルブ磁気抵抗読取りセンサ。

【請求項6】 請求項5に記載のデュアル・ストライプ
電流ピン止め型スピ
ン・バルブ磁気抵抗読取りセンサに
おいて、前記信号マニピュレータは差動増幅器を含むデ
ュアル・ストライプ電流ピン止め型スピ
ン・バルブ磁気抵抗読取りセンサ。

【請求項7】 請求項1に記載のデュアル・ストライプ
電流ピン止め型スピ
ン・バルブ磁気抵抗読取りセンサに
おいて、

前記第1ソフト強磁性層、第2ソフト強磁性層、第3ソ
フト強磁性層及び第4ソフト強磁性層はパーマロイ（登
録商標）（NiFe）、コバルト（Co）、鉄-コバルト（Co
Fe）、他のソフト強磁性鉄合金、他のソフト強磁性ニッ
ケル合金及び他のソフト強磁性コバルト合金からなる材
料グループのうちのいずれか1つの材料からそれぞれ形
成されているデュアル・ストライプ電流ピン止め型スピ
ン・バルブ磁気抵抗読取りセンサ。

【請求項8】 請求項2に記載のデュアル・ストライプ
電流ピン止め型スピ
ン・バルブ磁気抵抗読取りセンサに
おいて、

前記第2ソフト強磁性層の前記第2M_{rt}は少なくとも
0.3memu/cm²であり、前記第1ソフト強磁性
層の前記第1M_{rt}は多くとも0.28memu/cm²であり、これにより、前記第2M_{rt}の前記第1M_{rt}

tに対する比が約1.1〜約10の範囲内であるデュアル・ストライプ電流ピン止め型スピンのバルブ磁気抵抗読取りセンサ。

【請求項9】 請求項8に記載のデュアル・ストライプ電流ピン止め型スピンのバルブ磁気抵抗読取りセンサにおいて、前記第3Mrtは前記第2Mrtに実質的に等しく、前記第4Mrtは前記第1Mrtに実質的に等しいデュアル・ストライプ電流ピン止め型スピンのバルブ磁気抵抗読取りセンサ。

【請求項10】 請求項4に記載のデュアル・ストライプ電流ピン止め型スピンのバルブ磁気抵抗読取りセンサにおいて、前記第1バイアス電流及び第2バイアス電流は実質的に同じ大きさを有し、実質的に同じ方向であるデュアル・ストライプ電流ピン止め型スピンのバルブ磁気抵抗読取りセンサ。

【請求項11】 請求項10に記載のデュアル・ストライプ電流ピン止め型スピンのバルブ磁気抵抗読取りセンサにおいて、前記第1バイアス電流及び第2バイアス電流は少なくとも4mAであるデュアル・ストライプ電流ピン止め型スピンのバルブ磁気抵抗読取りセンサ。

【請求項12】 請求項1に記載のデュアル・ストライプ電流ピン止め型スピンのバルブ磁気抵抗読取りセンサにおいて、前記第1スペーサ及び第2スペーサは銅からなるデュアル・ストライプ電流ピン止め型スピンのバルブ磁気抵抗読取りセンサ。

【請求項13】 請求項1に記載のデュアル・ストライプ電流ピン止め型スピンのバルブ磁気抵抗読取りセンサにおいて、前記第1ソフト強磁性層の厚さ及び第4ソフト強磁性層の厚さは約10オングストローム〜約55オングストロームの範囲内であり、前記スペーサ層の厚さは約20オングストローム〜約55オングストロームの範囲内であるデュアル・ストライプ電流ピン止め型スピンのバルブ磁気抵抗読取りセンサ。

【請求項14】 請求項1に記載のデュアル・ストライプ電流ピン止め型スピンのバルブ磁気抵抗読取りセンサにおいて、前記絶縁層の厚さは前記第2ソフト強磁性層及び第3ソフト強磁性層の厚さ以下であるデュアル・ストライプ電流ピン止め型スピンのバルブ磁気抵抗読取りセンサ。

【請求項15】 請求項1に記載のデュアル・ストライプ電流ピン止め型スピンのバルブ磁気抵抗読取りセンサにおいて、前記絶縁層はAl₂O₃、SiN及びTa₂O₅からなるグループから選択された材料で形成されているデュアル・ストライプ電流ピン止め型スピンのバルブ磁気抵抗読取りセン

サ。

【請求項16】 媒体上のデータへのアクセスと、前記媒体へのデータの格納とを行うための読取り/書込みヘッドであって、インダクティブ書込みエレメントと、デュアル・ストライプ電流ピン止め型スピンのバルブ磁気抵抗読取りエレメントと、を備え、

前記デュアル・ストライプ電流ピン止め型スピンのバルブ磁気抵抗読取りエレメントは、
10 第1ソフト強磁性層と、
第2ソフト強磁性層と、
前記第1ソフト強磁性層と第2ソフト強磁性層との間に配置され、前記第1ソフト強磁性層及び第2ソフト強磁性層をそれぞれ分離する導電材料からなる第1スペーサ層と、
前記第1スペーサ層へ電氣的に接続されるとともに、前記第1ソフト強磁性層をピン止めするために、前記第1スペーサ層を介して第1バイアス電流を通すよう構成された導電材料からなる第1リード・セットと、
20 第3ソフト強磁性層と、
第4ソフト強磁性層と、
前記第3ソフト強磁性層と第4ソフト強磁性層との間に配置され、前記第3ソフト強磁性層及び第4ソフト強磁性層をそれぞれ分離する導電材料からなる第2スペーサ層と、
前記第2スペーサ層へ電氣的に接続されるとともに、前記第4ソフト強磁性層をピン止めするために、第2バイアス電流を受けるよう構成された導電材料からなる第2
30 リード・セットと、
前記第2ソフト強磁性層と第3ソフト強磁性層との間に配置され、電気絶縁材料からなる絶縁層と、
を備え、
前記第1バイアス電流及び第2バイアス電流が前記第1ソフト強磁性層及び第4ソフト強磁性層をそれぞれピン止めする際、前記第1バイアス電流及び第2バイアス電流が前記第2ソフト強磁性層及び第3ソフト強磁性層のかなりの部分の磁化に対する無視可能な複合作用を有するように、前記第1ソフト強磁性層、第2ソフト強磁性層、第3ソフト強磁性層及び第4ソフト強磁性層はそれぞれ構成されている読取り/書込みヘッド。

【請求項17】 請求項16に記載の読取り/書込みヘッドにおいて、前記第1バイアス電流がゼロである際、前記第1ソフト強磁性層はピン止めされていない磁化を有し、前記第2バイアス電流がゼロである際、前記第4ソフト強磁性層はピン止めされていない磁化を有する読取り/書込みヘッド。

【請求項18】 請求項16に記載の読取り/書込みヘッドにおいて、

前記第1ソフト強磁性層を飽和するために、前記第1 Mrt に対する十分な強さを持つ第1磁界を形成し得る前記第1バイアス電流を提供すべく、前記第1スペーサ層へ接続された第1電流源と、

前記第4ソフト強磁性層を飽和するために、前記第4 Mrt に対する十分な強さを持つ第2磁界を形成し得る前記第2バイアス電流を提供すべく、前記第2スペーサ層へ接続された第2電流源と、
を更に備える読取り/書込みヘッド。

【請求項19】 請求項18に記載の読取り/書込みヘッド

前記第2ソフト強磁性層へ接続された第1電圧センサと、

前記第3ソフト強磁性層へ接続された第2電圧センサと、

前記第1電圧センサ及び第2電圧センサへ接続され、前記第1電圧センサの出力と前記第2電圧センサの出力との差を出力するよう構成された信号マニピュレータと、
を更に備える読取り/書込みヘッド。

【請求項20】 請求項19に記載の読取り/書込みヘッドにおいて、

前記信号マニピュレータは差動増幅器を含む読取り/書込みヘッド。

【請求項21】 請求項18に記載の読取り/書込みヘッドにおいて、

前記第1バイアス電流及び第2バイアス電流は実質的に同じ大きさを有し、実質的に同じ方向である読取り/書込みヘッド。

【請求項22】 請求項18に記載の読取り/書込みヘッドにおいて、

前記第1バイアス電流及び第2バイアス電流は少なくとも4mAである読取り/書込みヘッド。

【請求項23】 磁気データ・ストレージ・アンド・リトリvable・システムであって、

インダクティブ書込みエレメントと、デュアル・ストライプ電流ピン止め型スピン・バルブ読取りエレメントと、を含む読取り/書込みヘッドを備え、

前記デュアル・ストライプ電流ピン止め型スピン・バルブ読取りエレメントは、

第1ソフト強磁性層と、

第2ソフト強磁性層と、

前記第1ソフト強磁性層と第2ソフト強磁性層との間に配置され、前記第1ソフト強磁性層及び第2ソフト強磁性層をそれぞれ分離する導電材料からなる第1スペーサ層と、

第3ソフト強磁性層と、

第4ソフト強磁性層と、

前記第3ソフト強磁性層と第4ソフト強磁性層との間に配置され、前記第3ソフト強磁性層及び第4ソフト強磁性層をそれぞれ分離する導電材料からなる第2スペーサ

層と、

前記第2ソフト強磁性層と第3ソフト強磁性層との間に配置され、電気絶縁材料からなる絶縁層と、

前記読取り/書込みヘッドが接続され、それによって、前記読取り/書込みヘッドが磁気媒体上で支持されることが可能なサスペンション・システムと、

前記第1ソフト強磁性層を飽和するために、十分な強さを持つ第1磁界を形成する第1バイアス電流を提供すべく、前記第1スペーサ層へ接続された第1電流源と、

10 前記第4ソフト強磁性層を飽和するために、十分な強さを持つ第2磁界を形成する第2バイアス電流を提供すべく、前記第2スペーサ層へ接続された第2電流源と、
を有し、

前記第1磁界及び第2磁界は、前記第2ソフト強磁性層及び第3ソフト強磁性層のかなりの部分の磁化に対する無視可能な複合作用を有するために、十分な強さを有する磁気データ・ストレージ・アンド・リトリvable・システム。

【請求項24】 請求項23に記載の磁気データ・ストレージ・アンド・リトリvable・システムにおいて、

20 前記読取り/書込みヘッドの下で回転可能に支持され、軸周りで回転するためにモータへ連結された磁気媒体を更に備える磁気データ・ストレージ・アンド・リトリvable・システム。

【請求項25】 請求項23に記載の磁気データ・ストレージ・アンド・リトリvable・システムにおいて、

前記第1バイアス電流及び第2バイアス電流は実質的に等しく、少なくとも約4mAである磁気データ・ストレージ・アンド・リトリvable・システム。

30 【請求項26】 デュアル・ストライプ電流ピン止め型スピン・バルブ読取りセンサの製造方法であって、

第1ソフト強磁性層を形成する工程と、

導電材料からなる第1スペーサ層を前記第1ソフト強磁性層の上に形成する工程と、

第2ソフト強磁性層を前記第1スペーサ層の上に形成する工程と、

電気絶縁材料からなる絶縁層を前記第2ソフト強磁性層の上に形成する工程と、

第3ソフト強磁性層を前記絶縁層の上に形成する工程

40 と、

導電材料からなる第2スペーサ層を前記第3ソフト強磁性層の上に形成する工程と、

第4ソフト強磁性層を前記第2スペーサ層の上に形成する工程と、

前記第1ソフト強磁性層をピン止めすべく、前記第1スペーサ層を介して第1バイアス電流を通すために前記第1スペーサ層へ電氣的に接続された第1リード・セットを形成する工程と、

前記第4ソフト強磁性層をピン止めすべく、前記第2スペーサ層を介して第2バイアス電流を通すために前記第

50

2スペース層へ電氣的に接続された第2リード・セットを形成する工程と、

を備え、

前記第1バイアス電流及び第2バイアス電流が前記第1ソフト強磁性層及び第4ソフト強磁性層をピン止めする際、前記第1バイアス電流及び第2バイアス電流が前記第2ソフト強磁性層及び第3ソフト強磁性層のかんりの部分の磁化に対する無視可能な複合作用を有するように、前記第1ソフト強磁性層、第2ソフト強磁性層、第3ソフト強磁性層及び第4ソフト強磁性層はそれぞれ形成されているデュアル・ストライプ電流ピン止め型スピン・バルブ読取りセンサの製造方法。

【請求項27】 請求項26に記載の方法において、前記第1ソフト強磁性層及び第4ソフト強磁性層はCoFeからなり、前記第2ソフト強磁性層及び第3ソフト強磁性層はNiFeからなる方法。

【請求項28】 請求項26に記載の方法において、前記第1ソフト強磁性層は多くとも 0.28 memu/cm^2 の第1M_rtを有するように形成され、前記第2ソフト強磁性層は少なくとも 0.3 memu/cm^2 の第2M_rtを有するように形成され、これにより、前記第2M_rtの前記第1M_rtに対する比が約1.1〜約1.10の範囲内である方法。

【請求項29】 請求項26に記載の方法において、前記第1バイアス電流を提供するために、第1電流源を前記第1スペース層へ接続する工程と、前記第2バイアス電流を提供するために、第2電流源を前記第2スペース層へ接続する工程と、を更に備える方法。

【請求項30】 磁気媒体の読取り方法であって、第1磁化を有する第1ソフト強磁性層を用意する工程と、第2ソフト強磁性層を用意する工程と、導電材料からなる第1スペース層を前記第1ソフト強磁性層と第2ソフト強磁性層との間に用意する工程と、を含む第1スピン・バルブ・ストライプを用意する工程と、第3ソフト強磁性層を用意する工程と、第4磁化を有する第4ソフト強磁性層を用意する工程と、導電材料からなる第2スペース層を前記第3ソフト強磁性層と第4ソフト強磁性層との間に用意する工程と、を含む第2スピン・バルブ・ストライプを用意する工程と、電気絶縁材料からなる絶縁層を前記第1スピン・バルブ・ストライプと第2スピン・バルブ・ストライプとの間に用意する工程と、前記第1スペースを介する第1バイアス電流を用意する工程と、前記第2スペースを介する第2バイアス電流を用意し、

前記第1バイアス電流及び第2バイアス電流によって、前記第1磁化及び第4磁化を一緒に実質的にピン止めする工程と、

前記第1スピン・バルブ・ストライプがデータを有する磁気媒体に露出された際、前記第1スピン・バルブ・ストライプを横切る第1電圧を検出する工程と、

前記第2スピン・バルブ・ストライプが前記磁気媒体に露出された際、前記第1スピン・バルブ・ストライプを横切る第2電圧を検出する工程と、

10 前記磁気媒体上の前記データを決定するために使用可能な前記第1電圧と前記第2電圧との差を決定するために、前記第1電圧及び第2電圧を組み合わせる工程と、を備える磁気媒体の読取り方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は磁気ディスク・ドライブ、より詳細には、スピン・バルブ磁気抵抗(magnetoresistive、略して、MR)読取りヘッドに関する。さらに詳細には、本発明はパルス振幅の非対称性を最小限に抑制するとともに、スピン・バルブ・センサのピン止めメカニズムを提供する方法及び構造に関する。

【0002】

【従来の技術】コンピュータ等のデジタル電子装置のデータの格納及びリトリブを実施するために、磁気ディスク・ドライブが使用されている。図1(A)及び図1(B)において、従来の磁気ディスク・ドライブDはシールド・エンクロージャ1と、ディスク駆動モータ2と、モータ2のスピンドルS1によって回転可能に支持された磁気ディスク3と、アクチュエータ4と、アクチュエータ4のスピンドルS2へ取り付けられたアーム5とを有する。サスペンション6の一端はアーム5へ結合され、他端は読取り/書込みヘッド、即ち、トランスデューサ7へ結合されている。一般的に、トランスデューサ7はセンサ読取りエレメントを有するインダクティブ書込みエレメントである。モータ2がディスク3を矢印Rで示すように回転させている間、トランスデューサ7を僅かに持ち上げてディスク3の表面から離間させるために、エア・ベアリングがトランスデューサ7の下側に形成される。矢印Pで示すように、アクチュエータ4が短い円弧内で回動する間、複数の磁気情報“トラック”を磁気ディスク3から読取り得る。磁気ディスク・ドライブの設計及び製造方法は当業者によく知られている。

【0003】トランスデューサ7に使用されている最も一般的なタイプのセンサは、磁気抵抗(MR)センサである。読取りエレメント内の抵抗の変化によって磁界信号を検出するために、MRセンサが使用される。従来のMRセンサは異方性磁気抵抗(anisotropic magnetoresistive、略して、AMR)効果をこの検出に使用している。そして、読取りエレメント内の磁化の方向と、読取りエレメントを通るセンス電流の方向との間の角度の余

弦の二乗に比例して、読取りエレメントの抵抗は変化する。相対的移動がAMRセンサ及び磁気媒体（ディスク表面など）の間に存在する際、磁気媒体から発生する磁界は読取りエレメント内の磁化の方向を変化させる。これによって、この磁化の方向の変化に対応した読取りエレメントの抵抗の変化が起こる。磁気媒体上の記録データを復元するために、抵抗の変化を検出し得る。

【0004】磁気抵抗効果の別の形態は、巨大磁気抵抗（giant magnetoresistive、略して、GMR）効果として知られている。GMRセンサの抵抗も外部磁界の変化によって変化する。但し、GMRセンサの抵抗はAMRセンサのメカニズムとは別のメカニズムによって変化する。AMRセンサより更に高い感度と、抵抗の更に高いトータル・レンジとに起因して、GMR効果を使用するセンサは特に魅力的である。GMRセンサの1つのタイプはスピン・バルブ・センサとして知られている。スピン・バルブ・センサでは、2つの強磁性（ferromagnetic、略して、FM）層が銅などの非磁性金属の層によってそれぞれ分離されている。一方の強磁性層は、外部磁界に露出された際に通常は自由に回転する磁化を有する“フリー”層、即ち、センシング層である。これとは対照的に、他方の強磁性層は“ピン止め”層であり、この層の磁化は特定の方向に実質的に固定されている、即ち、ピン止めされている。従来技術では、一般的に、このピン止めはピン止め層に隣接する交換結合された反強磁性（antiferromagnetic、略して、AFM）層によって行われる。

【0005】より具体的には、図2に示すように、シールドされた単一エレメントである磁気抵抗ヘッド（magnetoresistive head、略して、MRH）10は第1シールド12と、第2シールド14と、これら2つのシールド12、14間のギャップ（G）内に配置されたスピン・バルブ・センサ16とを有する。エア・ベアリング面ABSはMRH10によって画定されている。自己バイアス効果を防止するために、スピン・バルブ・センサをギャップG内の中心に配置し得る。スピン・バルブ・センサへ印加された磁束線は検出可能な抵抗の変化を形成する。MRH10などの磁気抵抗ヘッドの設計及び製造方法は当業者によく知られている。

【0006】図3において、図2の3-3線における断面図（即ち、エア・ベアリング面ABSの方向から見た断面図）は従来のスピン・バルブ・センサ16の構造を示す。スピン・バルブ・センサ16はフリー層18、銅層20、ピン止め層22及び反強磁性（AFM）層24を有する。スピン・バルブ・センサ16は絶縁基板17及びバッファ層19によって支持されており、このバッファ層19は製造中にフリー層18を形成するためのシード層として機能し得る。ハード・バイアスとして機能する複数の強磁性端部領域21はスピン・バルブ・センサ16の両端へそれぞれ当接し、かつ、フリー層18を

安定化する。金または他の低抵抗材料から一般的に形成されるリード25は、電流をスピン・バルブ・センサ16へ供給する。キャッピング層27はAFM層24上に設けられている。電流源29はセンサ16の前記の複数の層を通して流れる電流Ibを供給する。そして、センサ16が磁界に遭遇した際、信号検出回路31はセンサ16の抵抗の変化を検出する。

【0007】一般的に、フリー層及びピン止め層は、パーマロイなどのソフト強磁性材料からなる。当業者によく知られているように、パーマロイは81%のニッケル（Ni）及び19%の鉄（Fe）を公称上含有する磁性材料である。一般的に、層20は銅である。以下に詳述するように、AFM層24はピン止め層22の磁気方向をセットするために使用される。

【0008】ピン止め層22の目的を図4及び図5に基づいて以下に詳述する。図4では、フリー層18は事実上フリーな磁化方向26を有し得る。その一方、ピン止め層22はピン止めされた磁化28を有する。ピン止め層22の静磁気結合と、銅層20を介した強磁性交換結合と、センス電流Isが形成する磁界とが存在しない場合、フリー層18は初期フリー磁化30を有し得る。事実上フリーな磁化方向26は、初期フリー磁化30と、ピン止め層22の静磁気結合と、銅層20を介した強磁性交換結合と、センス電流Isが形成する磁界との和である。当該技術分野で知られているように、フリー層18の磁化方向は、外部磁界（例：隣接する磁気媒体からの外部磁界）の変化に応じて変化し得ることが好ましい。

【0009】スピン・バルブ・センサの抵抗と磁界の関係を示す図5の曲線から分かるように、フリー層18の初期フリー磁化30に直交するピン止め層22のピン止めされた磁化28は、フリー・エレメントを比較的直線的であって、かつ、比較的大きな傾斜を有する曲線上のポイント32へ付勢する。線形応答を提供するためには、直線性が勿論望ましい。更に、比較的大きな傾斜は磁界の変化に応じた大きな抵抗の変化を形成するので望ましい。

【0010】一般的に、AFM層24の反強磁性材料は鉄-マンガン（FeMn）などのマンガン（Mn）合金または酸化ニッケル（NiO）などの酸化物である。AFM層24はピン止め層22の磁化が回転することを殆どの動作条件下で防止し、これによって、フリー層18の磁気モーメントだけが外部磁界の存在下で回転し得る。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】最大の線形応答及び最も広いダイナミック・レンジを有するスピン・バルブ・センサとは、その強磁性ピン止め層22の磁化が信号フィールドに平行であり、かつ、そのフリー層18の磁化が信号フィールドに直交するスピン・バルブ・センサである。しかし、ピン止め層22をピン止めるためのA

FM層24の使用には、幾つかの問題点がある。1つの問題点としては、AFMが形成する交換磁界強度が温度に非常に敏感な点が挙げられる。温度が上昇するに従って、AFMは“軟化”し、強磁性ピン止め層の磁化を固定するAFMの能力が低下する。この結果、静電放電 (electrostatic discharge、略して、ESD) 電流と、これによって生じるAFM層24の加熱とに対して、スピン・バルブ・センサは非常に敏感である。更に、FeMnなどのAFM材料はスピン・バルブ・センサに使用されている他の材料よりも腐食に弱い。AFM材料の感度は製造工程の慎重な制御と、スピン・バルブ・センサに対する保護材料の使用とを要求する。適切な結晶学的反強磁性相を獲得するために、AFM膜24は高い焼なまし温度を必要とし得る。このため、AFM膜24は製造が困難である。

【0012】本発明はスピン・バルブ・センサ内の反強磁性 (AFM) 層の必要性をなくするとともに、スピン・バルブ・センサの読取り信号の倍増と、高い対称性を示すディファレンシャル・モード、即ち、コモン・リジェクト・モードでの動作とを実現し、これによって、高い読取りパフォーマンスを達成する。

【0013】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】正しく形成されたフリー層及びピン止め層をそれぞれ有する一対のスピン・バルブ・ストライプを提供することによって、これを実現する。更に、独立した2つの電流をこれらのスピン・バルブ・ストライプへ供給する。これによって、各電流は各ピン止め層の磁化を実質的に固定すべく作用するが、フリー層に対する2つの電流の複合磁気作用は最小限に抑制される。更に、読取り回路は、各スピン・バルブ・ストライプからの電圧信号の差を結合するように形成されている。

【0014】本発明の一形態では、デュアル・ストライプ電流ピン止め型スピン・バルブ磁気抵抗読取りセンサ (dual-stripe current-pinned spin valve magnetoresistive read sensor) は第1Mrtを有する第1ソフト強磁性 (FM) 層と、第1Mrtより大きい第2Mrtを有する第2ソフトFM層とを含む。導電材料からなる第1スペーサ層は第1ソフトFM層及び第2ソフトFM層の間に配置され、第1ソフトFM層及び第2ソフトFM層をそれぞれ分離している。第1ソフトFM層を飽和するために、第1スペーサ層は、第1Mrtに対する十分な強さを有する第1磁界を形成する第1バイアス電流を通すように形成されている。読取りセンサは、第3Mrtを有する第3ソフトFM層と、第3Mrtより小さい第4Mrtを有する第4ソフトFM層とを、更に含む。導電材料から形成された第2スペーサ層は、第3ソフトFM層及び第4ソフトFM層の間に配置され、第3ソフトFM層及び第4ソフトFM層をそれぞれ分離している。更に、第4ソフトFM層を飽和するために、第2

スペーサ層は、第4Mrtに対する十分な強さを持つ第2磁界を形成する第2バイアス電流を通すように形成されている。絶縁層が第2ソフトFM層及び第3ソフトFM層の間に配置されている。更に、第1磁界及び第2磁界が第1ソフトFM層及び第4ソフトFM層をそれぞれ飽和する十分な強さを持つ際、第2ソフト強磁性層及び第3ソフト強磁性層のかんりの部分の磁化に対する無視可能な複合作用を、第1磁界及び第2磁界が有するように、第1ソフト強磁性層、第2ソフト強磁性層、第3ソフト強磁性層及び第4ソフト強磁性層はそれぞれ形成されている。2つのスピン・バルブ読取り信号を操作することによって、デュアル・ストライプ電流ピン止め型スピン・バルブ読取りセンサの全体的なレスポンスは、対称性が高く、大きな読取り信号を示すとともに、ディファレンシャル・モード、即ち、コモン・リジェクト・モードで機能し、これによって、高い読取りパフォーマンスを示す。更に、AFM層がないことにより、センサの製造の複雑さと、温度及びESDに対するセンサの感度とが低下するとともに、センサの信頼性が高くなる。

【0015】本発明の別の形態では、媒体上のデータへのアクセスと、媒体へのデータの格納とを行うための読取り/書き込みヘッドは、インダクティブ書き込みエレメントと、デュアル・ストライプ電流ピン止め型スピン・バルブ磁気抵抗読取りエレメント (dual-stripe current-pinned spin valve magnetoresistive read element) とを有する。デュアル・ストライプ電流ピン止め型スピン・バルブ磁気抵抗読取りエレメントは、導電材料からなる第1スペーサ層によって互いに分離された第1ソフト強磁性層及び第2ソフト強磁性層を有する。更に、読取りエレメントは導電材料からなる第1リード・セットを有する。第1リード・セットは第1スペーサ層へ電気的に接続されるとともに、第1ソフト強磁性層をピン止めすべく、第1バイアス電流を第1スペーサ層に通すために形成されている。更に、導電材料からなる第2スペーサ層によって互いに分離された第3ソフト強磁性層及び第4ソフト強磁性層を、読取りエレメントは有する。導電材料からなる第2リード・セットは、第2スペーサ層へ電気的に接続されるとともに、第4ソフト強磁性層をピン止めすべく、第2バイアス電流を通すために形成されている。更に、絶縁層は第2ソフト強磁性層及び第3ソフト強磁性層の間に配置され、電気絶縁材料から形成されている。より具体的には、第1バイアス電流及び第2バイアス電流が第1ソフト強磁性層及び第4ソフト強磁性層をピン止めする際、第2ソフト強磁性層及び第3ソフト強磁性層のかんりの部分の磁化に対する無視可能な複合作用を、第1バイアス電流及び第2バイアス電流が有するように、第1ソフト強磁性層、第2ソフト強磁性層、第3ソフト強磁性層及び第4ソフト強磁性層はそれぞれ形成されている。これにより、2つの層はAFM層を使用することなく実質的にピン止めされるととも

に、他の2つの層の磁化は実質的にフリーな状態に維持される。更に、AFM層がないことにより、センサの製造の複雑さが大幅に低減し、温度及びESDに対するセンサの感度が低下するとともに、センサの信頼性が高くなる。更に、2セットのフリー層及びピン止め層を使用することにより、更に大きな信号、高い対称性及びデュアル・モード・オペレーションを実現し、これによって、読取り/書込みヘッドの読取りパフォーマンスを大幅に改善できる。

【0016】本発明の更に別の形態において、デュアル・ストライプ電流ピン止め型スピン・バルブ読取りセンサの製造方法は、第1ソフト強磁性層を形成する工程と、導電材料からなる第1スペーサ層を第1ソフト強磁性層の上に形成する工程と、第2ソフト強磁性層を第1スペーサ層の上に形成する工程とを含む。更に、本発明の方法は、電気絶縁材料からなる絶縁層を第2ソフト強磁性層の上に形成する工程を含む。そして、第3ソフト強磁性層を絶縁層の上に形成し、導電材料からなる第2スペーサ層を第3ソフト強磁性層の上に形成し、第4ソフト強磁性層を第2スペーサ層の上に形成する。更に、本発明の方法は、第1ソフト強磁性層をピン止めすべく、第1バイアス電流を第1スペーサ層に通すために第1スペーサ層へ電気的に接続された第1リード・セットを形成する工程と、第4ソフト強磁性層をピン止めすべく、第2バイアス電流を第2スペーサ層に通すために第2スペーサ層へ電気的に接続された第2リード・セットを形成する工程とを含む。更に、第1バイアス電流及び第2バイアス電流が第1ソフト強磁性層及び第4ソフト強磁性層をピン止めする際、第2ソフト強磁性層及び第3ソフト強磁性層のかなりの部分の磁化に対する無視可能な複合作用を、第1バイアス電流及び第2バイアス電流が有するように、第1ソフト強磁性層、第2ソフト強磁性層、第3ソフト強磁性層及び第4ソフト強磁性層はそれぞれ形成されている。これによって、読取りセンサの製造及び使用に制限を加え得るAFM層を使用することなく、本発明の方法は十分にピン止めされたピン止め層を有する読取りセンサを提供する。更に、本発明の方法により、高い対称性を示す大きな読取り信号を提供するとともに、高い読取りパフォーマンスを提供するために、デュアル・モードで動作する読取りセンサが製造される。

【0017】本発明の以下の説明を読み、図面を検討することによって、当業者は上記の効果を含む本発明の効果を実証し得る。

【0018】

【発明の実施の形態】図1(A)、図1(B)及び図3～図5は従来技術に関連して詳述した。

【0019】反強磁性(AFM)層の必要性をなくする一方で、従来技術より優れた読取りパフォーマンスを実現するために、絶縁層で分離された2つの互いに隣接す

る電流ピン止め型スピン・バルブ・エレメントを使用し得る。ピン止め層のピン止め作用を更に高めるために、各スピン・バルブ・エレメントを通る独立したバイアス電流は、他方のスピン・バルブ・エレメントの磁化にも影響を及ぼす。更に、適切な構成により、スピン・バルブは高いパフォーマンスを提供するためにディファレンシャル・モードで動作し得る。

【0020】図6は本発明の一実施例の断面図を示す。デュアル・ストライプ電流ピン止め型スピン・バルブ読取りエレメント50は、第1シールド12と第2シールド14との間に配置されたデュアル・ストライプ電流ピン止め型スピン・バルブ読取りセンサ52を有し、これら3つの部材は、読取りオペレーション中に磁気ディスク(図1(A)及び図1(B)参照)の表面に対向するエア・ベアリング面ABSをx-y平面54内で画定している。シールド間距離STSによって、第1シールド12及び第2シールド14を互いに分離できる。シールド間距離STSはx方向、即ち、ダウントラック方向で測定している。デュアル・ストライプ電流ピン止め型スピン・バルブ読取りセンサ52はABSからz方向、即ち、横方向へストライプ高さSHと称される距離にわたって延びている。2つのスピン・バルブを有することにより、本実施例の読取りセンサ52は単一スピン・バルブの読取り信号の約2倍の読取り信号を示すことが可能であり、これによって、読取り能力を大幅に改善する。

【0021】デュアル・ストライプ電流ピン止め型スピン・バルブ読取りセンサ52は、絶縁層INSによって互いに分離された第1スピン・バルブ・ストライプSV1及び第2スピン・バルブ・ストライプSV2を有する。各スピン・バルブ・ストライプは、導電性スペーサによって互いに分離された2つのソフト強磁性層からなる。従って、第1スピン・バルブ・ストライプSV1は第1スペーサ62によって互いに分離された第1ソフト強磁性(FM)層58及び第2ソフト強磁性層60を有する。同様に、第2スピン・バルブ・ストライプSV2は、第2スペーサ68によって互いに分離された第3ソフト強磁性層64及び第4ソフト強磁性層66を有する。従来技術とは対照的に、反強磁性(AFM)層がスピン・バルブ・ストライプに含まれていない点に注意する必要がある。第1FM層58、第2FM層60、第3FM層64及び第4FM層66はパーマロイ(NiFe)、コバルト(Co)若しくはコバルト-鉄(CoFe)などのソフトFM材料から形成するか、またはニッケル、鉄及びコバルトのうちの少なくともいずれか1つを含む他のソフトFM合金から形成し得る。当業者によく知られているように、“ソフト”強磁性材料は低い飽和保磁力(例:15エルステッド未満)を有する。第1スペーサ62及び第2スペーサ68は銅などの任意の適切な高導電性材料から実質的に形成可能である。

【0022】これらの層の厚さは互いに異なり得ると

もに、正確な縮尺率で描かれていない。第2ソフトFM層60の厚さ t_{f1} 及び第3ソフトFM層64の厚さ t_{f2} は、約40オングストローム〜約100オングストロームの範囲内とし得る。第1スペーサ層62の厚さ t_{s1} 及び第2スペーサ層68の厚さ t_{s2} は、約20オングストローム〜約55オングストロームの範囲内とし得る。第1ソフトFM層58の厚さ t_{p1} 及び第4ソフトFM層66の厚さ t_{p2} は、約10オングストローム〜約55オングストロームの範囲内とし得る。

【0023】図示はしていないが、バッファ層を、第2ソフトFM層60と第1スペーサ62との間、及び第3ソフトFM層64と第2スペーサ68との間に、それぞれ配置可能である。例えば、CoFeからなるバッファ層を、実質的に銅からなるスペーサ層と実質的にNiFeからなるソフトFM層との間に配置可能である。更に、デュアル・ストライプ電流ピン止め型スピン・バルブ読取りセンサ52は、製造中に第1ソフトFM層58を形成するためのシード層として機能し得るバッファ層（図示略）と、キャッピング層（図示略）と、を更に有することが可能であり、これらは図3の従来技術で示すものに類似している。バッファ層及びキャッピング層は、例えば、タンタル（Ta）またはジルコニウム（Zr）から形成し得る。これらの複数の層58、60、62、64、66、68及びINSを形成するための方法及び装置はスピン・バルブ・センサの技術分野の当業者によく知られている。

【0024】第1スピン・バルブ・ストライプSV1と第2スピン・バルブ・ストライプSV2との間の絶縁層INSは Al_2O_3 、SiNまたは Ta_2O_5 などの任意の適切な電気絶縁材料から形成可能である。以下に詳述する理由から、2つのスピン・バルブ・ストライプ間の電氣的絶縁を維持する一方で、これら2つのスピン・バルブ・ストライプ間の磁気結合を最適化するという要求が、絶縁層INSの厚さを決定している。特に、絶縁層INSの両側にそれぞれ異なる電圧が加わることによって生じるピン・ホール形成または破壊を招来することなく、製造プロセスによって形成できる絶縁層INSの薄さが、絶縁層INSの最小厚さを制限している。また、この絶縁層INSの厚さは2つのスピン・バルブ・エレメント間の磁気相互作用に影響を及ぼす。更に、磁気媒体から読取り得るデータの密度に影響を及ぼす所望のセンシング信号パルス幅に基づく所望のシールド間距離STSによって、絶縁層INSの最大厚さは制限される。例えば、絶縁層INSは約50オングストローム〜約300オングストロームの範囲の厚さを有し得る。

【0025】図7はx-y平面内における図6の7-7線におけるデュアル・ストライプ電流ピン止め型スピン・バルブ読取りセンサ52の断面図を概略回路図と一緒に示す。この図では、トラック幅TWと呼ばれるストライプの寸法はy方向、即ち、長手方向に示されている。

リードの第1セット、即ち、第1リード・セット72は第1スピン・バルブ・ストライプSV1の両端へそれぞれ接続されている。同様に、リードの第2セット、即ち、第2リード・セット74は第2スピン・バルブ・ストライプSV2の両端へそれぞれ接続されている。これらのリード・セット72、74はハード・バイアス・ストラクチャ73、75をそれぞれ有する。横断バイアスをスピン・バルブへ印加するために、これらのハード・バイアス・ストラクチャ73、75は、第1スピン・バルブ・ストライプ及び第2スピン・バルブ・ストライプの両端にそれぞれ当接している。リードの各セット72、74は、独立したバイアス電流を各スピン・バルブ・ストライプに流すことを促進する。従って、ハード・バイアス・ストラクチャ73、75は導電磁性材料から形成可能であり、各リード・セットの残りの部分は金または銅などの高導電性材料から形成される。これによって、リードの第1セット72は第1バイアス電流 I_{b1} を第1電流源CS1から第1スピン・バルブ・ストライプSV1を通じて流すために使用可能であり、第2バイアス電流 I_{b2} は第2電流源CS2からリードの第2セット74を介して第2スピン・バルブ・ストライプSV2を通じて流れ得る。更に、各スピン・バルブ・ストライプSV1、SV2を横切る電圧の変化を検出するために、リードの第1セット及び第2セットは第1電圧センサVS1及び第2電圧センサVS2などの信号検出器を第1スピン・バルブ・ストライプSV1及び第2スピン・バルブ・ストライプSV2へそれぞれ接続している。そして、第1電圧センサVS1の出力及び第2電圧センサVS2の出力は、第1電圧センサVS1及び第2電圧センサVS2へそれぞれ接続された差動増幅器DAなどの信号マニピュレータによって組み合わされる。差動増幅器DAの出力は2つのスピン・バルブ信号の間の差を示す尺度であり、これについては図12に関連して以下に詳述する。

【0026】第1バイアス電流 I_{b1} 及び第2バイアス電流 I_{b2} は各スピン・バルブ・ストライプの層をピン止めするために使用可能であり、これは図8を参照することによって更によく理解できる。図8はx-z平面内におけるデュアル・ストライプ電流ピン止め型スピン・バルブ読取りセンサ52の拡大断面図である。図示する大きさは正確な尺度で描かれておらず、説明を目的として選択されたにすぎない点を理解する必要がある。この図から、紙面に直交する方向に流れるバイアス電流に起因して発生する磁界を更に簡単に理解できる。第1バイアス電流 I_{b1} 及び第2バイアス電流 I_{b2} は実質的に同一方向に流れているので、第1バイアス磁界 H_{ib1} 及び第2バイアス磁界 H_{ib2} は実質的に同じ方向（本実施例では、反時計方向）を向いている。適切なレベルの第1バイアス電流 I_{b1} を用いることにより、発生する第1バイアス磁界 H_{ib1} は第1ソフトFM層5

8を飽和可能である。これによって、第1ピン止め層P1を形成するために、第1ソフトFM層58の磁化がピン止めされる。同様に、適切な第2バイアス電流Ib2は第2バイアス磁界HIb2を形成可能である。第4ソフトFM層66の磁化をピン止めして、第2ピン止め層P2を形成するために、第2バイアス磁界HIb2は第4ソフトFM層66を飽和する十分な強さを有する。本実施例では、第1バイアス電流Ib1及び第2バイアス電流Ib2は実質的に同じ方向に流れ、実質的に同じ大きさを有する。第1ピン止め層P1及び第2ピン止め層P2をピン止めするためのAFM層が含まれていない。このため、第1バイアス電流及び第2バイアス電流がなければ、第1ソフト強磁性層及び第4ソフト強磁性層は実質的にピン止めされない。

【0027】しかし、第1バイアス磁界HIb1及び第2バイアス磁界HIb2は第2ソフトFM層60及び第3ソフトFM層64へそれぞれ異なる影響を及ぼす。特に、2つの磁界は実質的に同じ方向を向いているので、第2ソフトFM層及び第3ソフトFM層のそれぞれに対する2つの磁界の影響は、これら2つの層の大半にわたって互いに打ち消し合う傾向にある。例えば、第1バイアス磁界HIb1は右側から左側へ向かって第2ソフトFM層60全体にわたって作用し、第2バイアス磁界HIb2は左側から右側へ向かって第2ソフトFM層60全体にわたって作用する。適切な層寸法及びバイアス電流レベルを使用することによって、互いに相反する方向における作用は互いに実質的に打ち消し合う。同じような作用が第3ソフトFM層64内で発生する。第2ソフト強磁性層及び第3ソフト強磁性層の磁化はバイアス電流の影響を実質的に受けないので、これらの層の磁化及び抵抗は磁気媒体などから生じる外部磁界によって自由に変化する。従って、これらの層は第1スピン・バルブ・ストライプ内の第1フリー層F1及び第2スピン・バルブ・ストライプ内の第2フリー層F2としてそれぞれ機能する。

【0028】バイアス電流が第1ソフトAFM層及び第4ソフトAFM層をピン止めするためには、第1ソフトAFM層58及び第4ソフトAFM層66のMrtの積が、第2ソフトAFM層60及び第3ソフトAFM層64のMrtの積よりそれぞれ小さくなる。更に、各ソフトAFM層は約0.3〜約0.5 memu/cm²のMrtを有し得る。更に、フリー層のピン止め層に対するMrt比は約1.1〜約10の範囲内とし得る。第1ソフトAFM層58及び第4ソフトAFM層66をピン止めするためには、ピン止めする各層のMrtに対する十分な大きさのバイアス電流が必要である。例えば、上記のMrtを使用する場合、本実施例の第1ソフトAFM層58及び第4ソフトAFM層66は4 mAの小さなバイアス電流で飽和できる。

【0029】図9(A)及び図9(B)では、第1フリ

ー層F1及び第1ピン止め層P1の磁化に対するバイアス電流の作用を確認できる。図8(A)は第1フリー層F1を横切る磁化方向のy-z成分を示す。製造中、第1フリー層F1の磁化は実質的に長手方向(即ち、y方向)にセットされている。図8(A)に示すように、バイアス電流に起因するバイアス磁界は、第1フリー層F1の磁化に対する無視可能な作用を第1フリー層F1のかなり広い部分にわたって有する。これとは逆に、図8(A)に示すように、このバイアス磁界は第1ピン止め層P1を横切る磁化を、第1フリー層F1を横切る磁化に実質的に直交するバイアス磁界に対して整列させる。反強磁性(AFM)層を使用することなく、第1ピン止め層P1及び第2ピン止め層P2をピン止めするので、本実施例の読取りセンサは温度の荒々しさに対する感度を極めて小さくし、これによって、読取りセンサの全体的な読取りパフォーマンスを改善する。

【0030】フリー層F1、F2の“自由”な性質は図10及び図11から更によく理解できる。例えば、+0.5 memu/cm²、0 memu/cm²及び-0.5 memu/cm²のMrtをそれぞれ有する媒体が発する磁界に露出された際に、第1ピン止め層P1を横切る磁化を、図10(A)、図10(B)及び図10(C)はそれぞれ示す。同様に、これらと同じ磁界に露出された際に、第1フリー層F1を横切る磁化を、図11(A)、図11(B)及び図11(C)はそれぞれ示す。特に、これらの結果はマイクロマグネティック理論シミュレーションを用いて算出したものである。これらの図が示すように、第1ピン止め層の磁化は外部磁界の印加による実質的な影響を受けない(図10(A)及び図10(C)参照)。しかし、これとは対照的に、第1フリー層F1を横切る磁化はMrt=+0.5 memu/cm²に起因する特定の量で変化する(図11(A)参照)。更に、この磁化はMrt=-0.5 memu/cm²に起因する実質的に同じ量によって逆方向へ変化する(図11(C)参照)。従って、両方のバイアス磁界HIb1、HIb2の存在下では、第1フリー層F1は外部磁界の変化に対して反応して、抵抗の応答を変化させる。これによって、データ・リトリバルが促進される。外部磁界への露出に対する各層の磁化の応答は、図12のグラフからも理解できる。

【0031】図12は印加した媒体磁界に対するデュアル・ストライプ電流ピン止め型スピン・バルブ・センサ52の各ソフトFM層の磁化Mzの横方向成分、即ち、z方向成分を示す。第1フリー層F1及び第2フリー層F2は、横方向磁化Mzの大きな変化を示す。その一方、第1ピン止め層P1及び第2ピン止め層P2は外部磁界の変化に対して僅かに反応するか、または全く反応しない。更に、第1フリー層F1の複数のデータ・ポイント及び第2フリー層F2の複数のデータ・ポイントは非対称的な反応を示している。この非対称性はパーセン

テージで表現される“トラック・アベレージ・アンプリチュード・アシンメトリー (track average amplitude asymmetry、略して、TAAA)”と呼ばれる尺度によってその量を表し得る。読取りセンサのTAAAが大きいほど、読取りパフォーマンスは低くなる。本発明の各スピン・バルブ・ストライプの非対称性は図13から更によく理解できる。

【0032】図13では、図7及び図8の第1スピン・バルブ・ストライプSV1及び第2スピン・バルブ・ストライプSV2の読取りヘッドの出力を様々な媒体Mr_t値に関して示している。各スピン・バルブ・ストライプの非対称性を破線の曲線で示す。応答は非対称的であり、従って、読取りパフォーマンスは最適値より低くなっている。しかし、図6～図8のデュアル・ストライプ電流ピン止め型スピン・バルブ読取りセンサ52は、第1スピン・バルブ・ストライプSV1からの信号及び第2スピン・バルブ・ストライプSV2からの信号の間の差の大きさを示す出力を有する。図7に示すように、これは出力が差動増幅器によって組み合わせられていることに起因する。第1スピン・バルブ・ストライプ・ヘッドの出力と第2スピン・バルブ・ストライプ・ヘッドの出力との間の差を示す図12の実線の曲線から分かるように、読取りセンサ全体としては、実質的に対称をなす応答を示す(例: TAAA_{Mr_t=0.5} = -0.095%)。読取りセンサのこのオペレーションはディファレンシャル・モードまたはコモン・リジェクト・モードと呼ばれ、スピン・バルブ・ストライプSV1またはSV2単独の場合よりも更に高い読取りパフォーマンスを示す。ディファレンシャル・モード・オペレーションはデバイス全体の抵抗を変化させ得る温度の荒々しさの影響を和らげ得る。各スピン・バルブからの信号の差を取ることで、デバイスのベースライン抵抗をキャンセルできる。

【0033】本発明を幾つかの好ましい実施例に関して詳述したが、本明細書を読み、図面を検討することによって、当業者がこれらの実施例の別例、変更例、変形例及び等価なものを容易に認識できることを予想し得る。従って、本発明の真の精神及び範囲に属するこれら全ての別例、変更例、変形例及び等価なものを含むことを、請求の範囲は意図している。

【0034】要するに、従来の読取りセンサよりも更に大きな読取り信号と、温度及びESDに対する更に低い感度と、更に高い信頼性とを有するとともに、ディファレンシャル・モードで動作し、これによって、更に高い読取りパフォーマンスを達成する磁気抵抗スピン・バルブ・デバイスを実現する構造及び方法を、本発明は提供する。本発明を幾つかの好ましい実施例に関して詳述した。本明細書の検討、図面の検討及び本発明の実施により、当業者は本明細書で詳述した実施例の別例、変更例、変形例及び等価なものを含む本発明の他の実施例を

容易に認識できる。例えば、読取り/書き込みヘッドを提供するために、前記の読取りセンサを書込みエレメントと合体したり、ディスク・ドライブ・システムの他のコンポーネントと合体させたりできる。前記の実施例及び好ましい特徴は、請求の範囲によって定義される本発明を例示するものと見なすべきである。従って、請求の範囲は本発明の真の精神及び範囲に属する前記の全ての別例、変更例、変形例及び等価なものを含む。

【図面の簡単な説明】

【図1】(A)は磁気ディスク・ドライブ組立体の一部を破断して示す正面図である。(B)は図1(A)の1B-1B線における断面図である。

【図2】従来のシールド垂直磁気抵抗スピン・バルブ・センサ・ヘッドの斜視図である。

【図3】スピン・バルブ・センサと、関連する基板、サポート・ストラクチャ及び回路とを示す図2の3-3線における断面図である。

【図4】図3のスピン・バルブ・センサのフリー層及びピン止め層の磁気モーメントの方向を示す図である。

【図5】図3のスピン・バルブ・センサの抵抗と磁界の関係を示すグラフである。

【図6】本発明の一実施例に従うデュアル・ストライプ・スピン・バルブ・センサの断面図である。

【図7】本発明の一実施例に従う図6のデュアル・ストライプ・スピン・バルブ・センサの7-7線における断面図である。

【図8】本発明の一実施例に従う図6のデュアル・ストライプ・スピン・バルブ・センサの断面の拡大図である。

【図9】(A)は2つのバイアス電流の存在下における本発明の一実施例に従うデュアル・ストライプ・スピン・バルブ・センサのフリー層を横切る磁化を示す図である。(B)は2つのバイアス電流の存在下における本発明の一実施例に従うデュアル・ストライプ・スピン・バルブ・センサのピン止め層を横切る磁化を示す図である。

【図10】(A)～(C)は3つの異なる外部磁界にそれぞれ露出された際に、本発明の一実施例に従う図9(B)のピン止め層を横切る磁化を示す図である。

【図11】(A)～(C)は3つの異なる外部磁界にそれぞれ露出された際に、本発明の一実施例に従う図9(A)のフリー層を横切る磁化を示す図である。

【図12】本発明の一実施例に従うデュアル・ストライプ・スピン・バルブ・センサのソフト強磁性層内の横方向磁化成分を様々な外部磁界に関して示すグラフである。

【図13】本発明の一実施例に従う図6及び図7のデュアル・ストライプ・スピン・バルブ・センサの2つのスピン・バルブ・ストライプのそれぞれのヘッド出力と、これら2つのスピン・バルブ・ストライプのヘッド出力

21

の間の差とを様々な外部Mr tに関して示すグラフである。

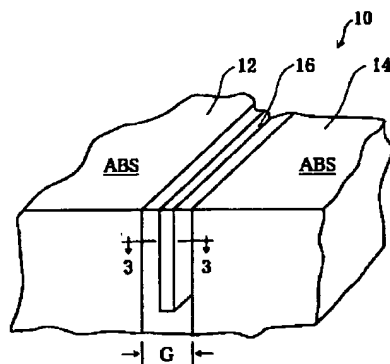
【符号の説明】

- 1…エンクロージャ
- 2…ディスク駆動モータ
- 3…磁気ディスク
- 4…アクチュエータ
- 5…アーム
- 6…サスペンション
- 7…トランスデューサ
- 10…磁気抵抗ヘッド (MRH)
- 14…第2シールド
- 16…スピン・バルブ・センサ
- 17…絶縁基板
- 18…フリー層
- 19…バッファ層
- 20…銅層
- 21…強磁性端部領域
- 22…ピン止め層
- 24…AFM層
- 25…リード
- 26…磁化方向
- 27…キャッピング層
- 28…磁化
- 29…電流源
- 30…初期フリー磁化
- 31…信号検出回路
- 32…ポイント
- 50…デュアル・ストライプ電流ピン止め型スピン・バルブ読取りエレメント
- 52…デュアル・ストライプ電流ピン止め型スピン・バルブ読取りセンサ
- 54…x-y平面

22

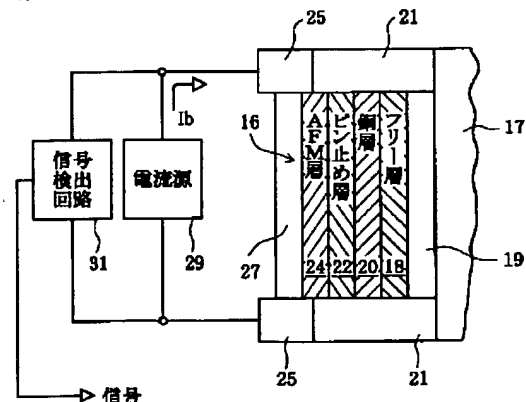
- 58…第1ソフトFM層
- 60…第2ソフトFM層
- 62…第1スペーサ層
- 64…第3ソフトFM層
- 66…第4ソフトFM層
- 68…第2スペーサ層
- 72…第1リード・セット
- 72…第1セット
- 73, 75…ハード・バイアス・ストラクチャ
- 10 74…第2リード・セット
- ABS…エア・ベアリング面
- CS1…第1電流源
- CS2…第2電流源
- D…磁気ディスク・ドライブ
- DA…差動増幅器
- F1…第1フリー層
- F2…第2フリー層
- G…ギャップ
- I…センス電流
- 20 INS…絶縁層
- Ib…電流
- Ib1…第1バイアス電流
- Ib2…第2バイアス電流
- P1…第1ピン止め層
- P2…第2ピン止め層
- S1…スピンドル
- S2…スピンドル
- STS…シールド間距離
- SV1…第1スピン・バルブ・ストライプ
- 30 SV2…第2スピン・バルブ・ストライプ
- VS1…第1電圧センサ
- VS2…第2電圧センサ

【図2】



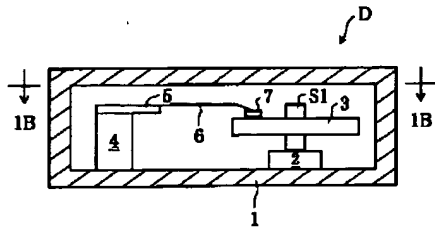
【図3】

(従来技術)

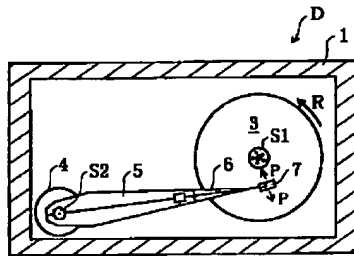


【図1】

(A)

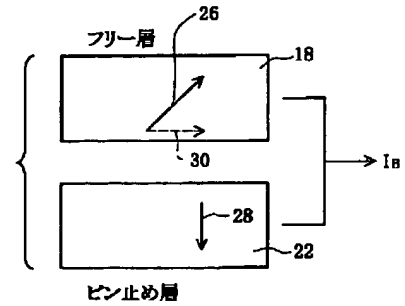


(B)

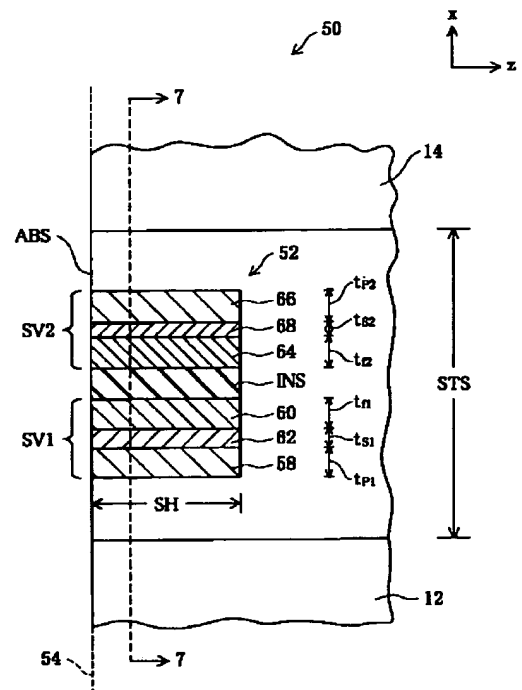


【図4】

(従来技術)

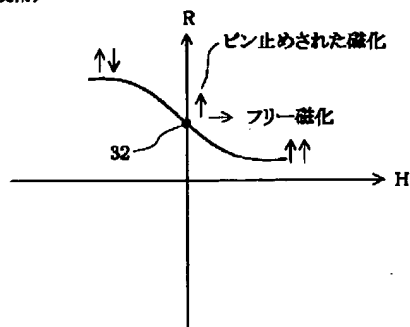


【図6】

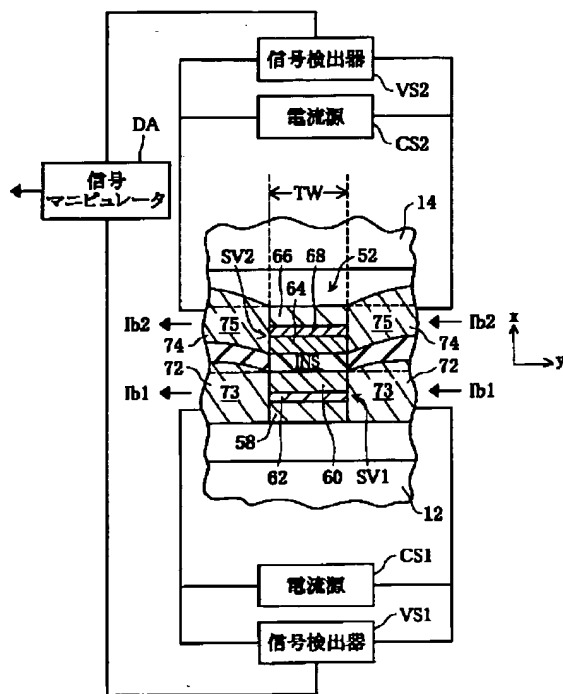


【図5】

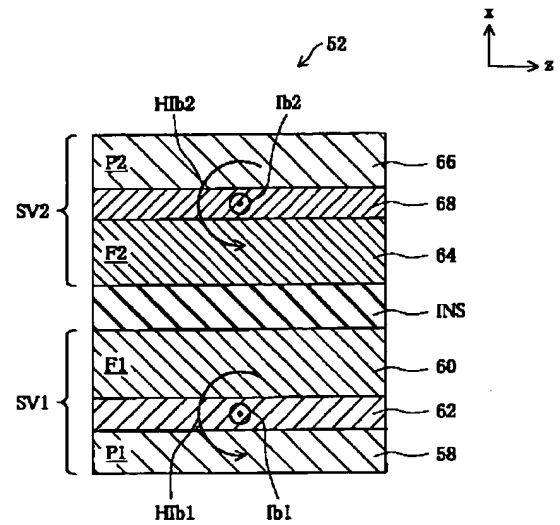
(従来技術)



【図7】



【図8】

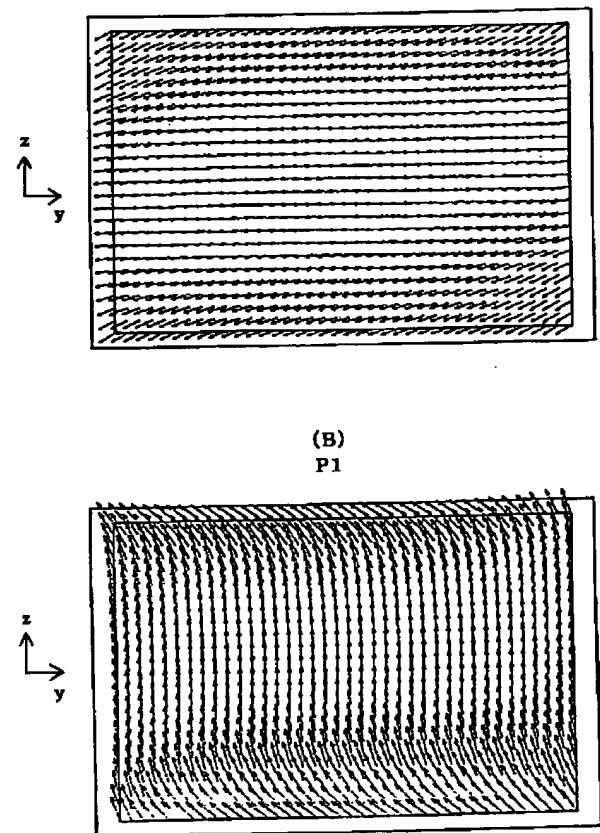
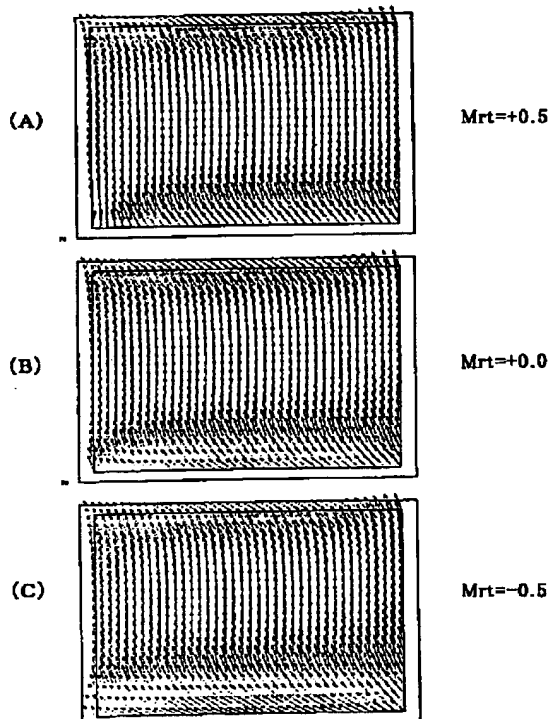


【図9】

(A)
F1

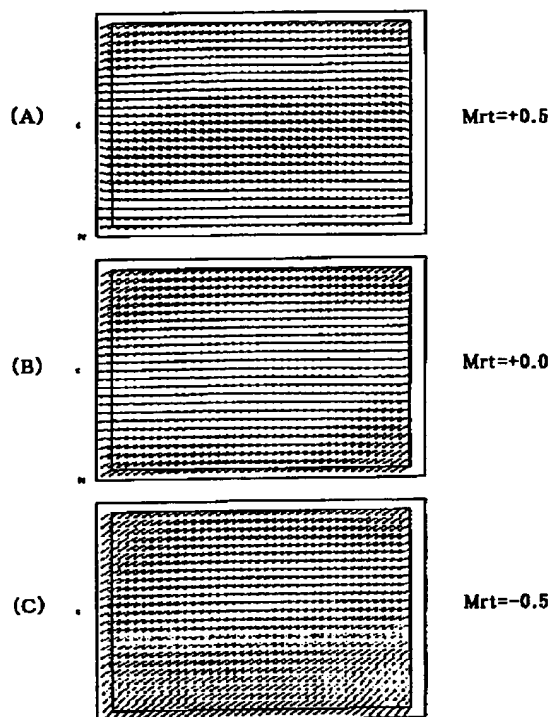
【図10】

ボトム・ピン止め層

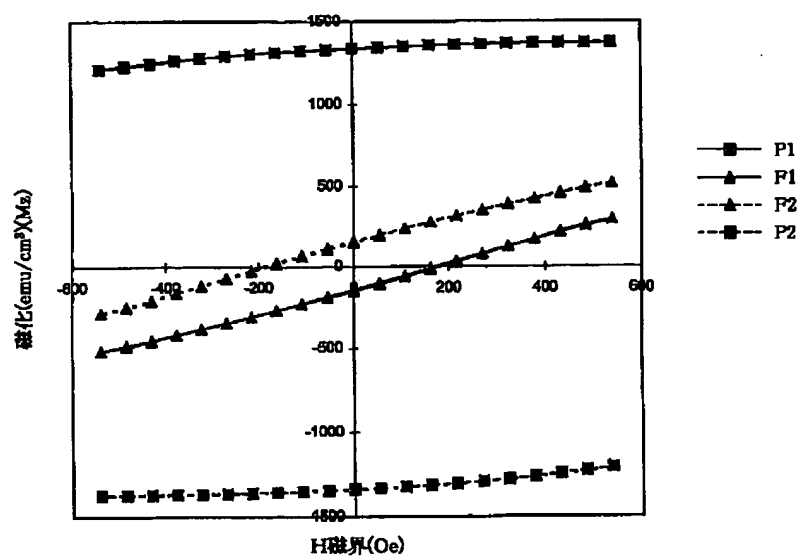


【図11】

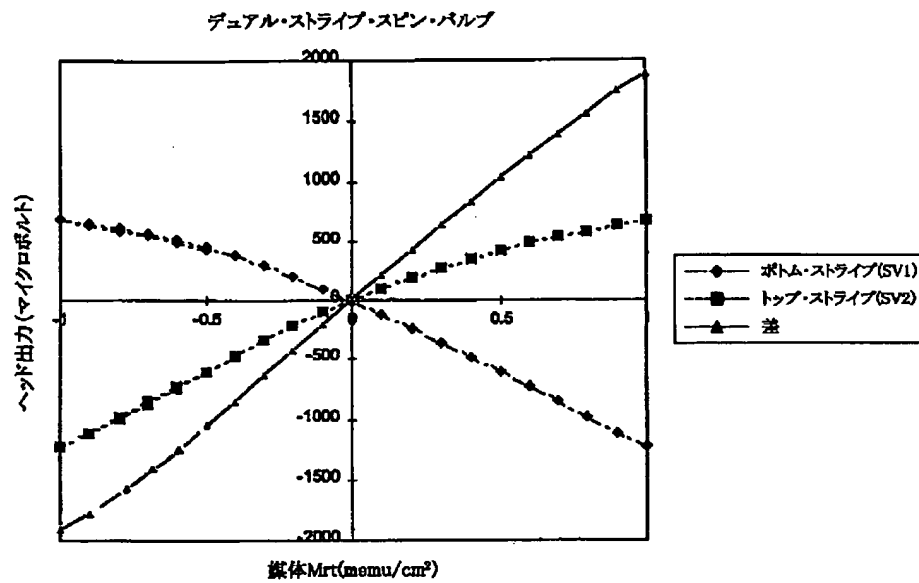
ボトム・フリー層



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 マシュー・アール・ギボンズ
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州94550
 リバーモア, スプリングタウン・ブルバ
 ード #11シー, 1550